フローティングコネクタの振動に対するアプローチ

山口 富三郎*, 三田 夏大**

An Approach to Floating Connector on Vibration

Tomisaburo YAMAGUCHI* and Natsuhiro MITA**

* イリソ電子工業株式会社技術本部 (〒 222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-13-8)

** イリソ電子工業株式会社技術本部開発部開発一課 (〒 222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-13-8)

* Engineering Division, IRISO ELECTRONICS CO., LTD. (2-13-8 Shin-Yokohama, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 222-0033)

** Development Section1, Development Dept., Engineering Division, IRISO ELECTRONICS CO., LTD. (2-13-8 Shin-Yokohama, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 222-0033)

1. はじめに

電子機器セットは各機能ごとに基板を分けることが多く、それら基板間の接続には、ワイヤー接続やコネクタを介したワイヤー接続、オスメスコネクタによる接続などが用いられる。フローティングコネクタとはオスメスコネクタによる接続に分類され、基板の位置ずれを考慮して、オス、メスいずれか、もしくは両側において可動機構があるコネクタである (図1 参照)。

フローティングコネクタは基板間接続の位置ずれ吸収に使用されてきたが、セット品の小型化、コスト削減に伴い、ケーブルとの置き換えとして積極的に用いられてきている。

この流れは自動車部品にも波及しており、昨今の機電一体指向に伴い、採用もしくは採用検討がなされるようになった。位置ずれ機能の可動機構にはその構造上、振動に対する耐久的優位性も推定され、その理論的根拠、設計への定量的反映も求められはじめている。

われわれは顧客からのそれら要求事項に対しさまざまな要素開発を行い、設計への落とし込みを実施している。本稿ではそれらアプローチについて解説する。

2. 振動へのアプローチ

設計への落とし込みを実施するには、使用されるセットに

図1. フローティングコネクタの動き

においてコネクタ実装部ではどの程度の振動振幅が発生するのかを把握する必要がある。振動条件として、大きく分けてスイープ振動 (正弦波振動)¹⁾、ランダム振動²⁾がある。スイープ振動はある時間において1つの正弦波のみが振動入力として入る振動であり、ランダム振動は複数の正弦波が同時に入る振動である。振動振幅はそれぞれで算出手法が異なるので分けて考える必要がある。

2.1 スイープ振動

スイープ振動において振幅を把握するにはFEM解析にてモデル解析後、線形動解析を実施する。コネクタ実装部の基板における各周波数の振幅量を繋げば、周波数—振幅量の関係が分るので、適当な周波数における最大の振幅力が特定できる (図2 参照)。

注意すべき点はオス側コネクタ、メス側コネクタの基板の振幅量である。基板は双方で同時には動いていない可能性 (位相ずれ、振幅の強度差)があるので、相対振幅量が重要である (図3 参照)。

2.2 ランダム振動

スイープ振動において振幅を把握するにはFEM解析にてモデル解析後、線形動解析を実施する。見るべき値は

図2. 角周波数での振幅量

図 3. 位相差による、振動パターンの変化

振幅の RMS 値 (Root Mean Square, 2 乗平均平方根) となる。本値は本解析周波数内の変位を 1 つにまとめたものとなる。本値を振幅レベルという。振幅レベルは最大共振周波数における、1 s の振幅となることが知られている²⁾。3 s の振幅であれば 99.7% の信頼度となる。ランダム振動の場合もスイープ振動と同様基板は双方で同時に動いていない可能性があるため、相対振幅量が重要である。

3. 設計への落とし込み

スイープ振動、ないしランダム振動の FEM 解析にて最大振動振幅を特定後、大別して、以下の 3 要素に注意して設計を行う。

①共振、②疲労、③摺動

①は振動周波数領域にてコネクタのみでの共振をおこさないことを目指す。理由として、セットでの共振点は 2,000 Hz 以内に複数存在することが通常であり、コネクタ側でも共振点が振動周波数域内にて、セットと一致してしまった場合、共振加速度倍率はそれぞれの共振加速度倍率の掛け算となるため、非常に大きな加速度倍率となり制御が難しくなる。そのため、振動周波数域内ではコネクタ単体で共振しないようにする必要がある。幸い、コネクタは比較的質量が軽いため、設計にて共振点を 2,000 Hz よりも上に持っていきやすい。

②, ③は最大振動振幅にて、「XY 最大嵌合ずれ状態」, 「寸法 MIN.MAX.」, 「材料物性ばらつき」, 「高温下 (クリープ)」, 「使用温度範囲内 (線膨張)」を加味して疲労破断^{3),4)}、摺動による抵抗上昇が起きない設定をする。

疲労に関しては使用する S-N カーブに対してどの程度安全性を持たせるかが重要⁵⁾となる。使用する銅材に対して考えられる疲労影響要因は

- (1) 「使用材料の応力に対するばらつき」

- (2) 「使用応力のばらつき」
- (3) 「寸法効果」
- (4) 「表面粗さ効果」
- (5) 「表面めっきの影響」
- (6) 「切欠き効果」
- (7) 「曲げによる加工硬化」
- (8) 「温度の影響」
- (9) 「Transverse Direction, Longitudinal Direction の影響 (以降 T.D. L.D.)」

など、少なくとも 9 項目の多岐にわたる。これらすべての要因と、S-N カーブの入手性、われわれのコントロール性を加味し、安全度合を定めている。大本となる S-N カーブの理想は最悪状態のもの、つまり T.D., 99.7% ライン, 100°C (温度は仕様温度による) の S-N カーブであるが、ほぼ全ての材料メーカーが提示する S-N カーブは L.D., 50% ライン, 常温である。その理由は N 数が確保できない、高温での試験ができないなどであり、実際に入手、測定は困難なため、入手した S-N カーブに適切な安全度合を出す必要がある。

振動における信頼性を確保した設計を行うにはこれらすべてを実施する必要がある、設計者はすべてを理解する必要がある。その結果、人的リソースやエラーの問題が発生しやすくなるが、われわれは、振動設計エキスパートシステムを検討している。使用材料、めっき種や温度条件の設定を適切に行うことで、設計した製品をより簡単に疲労解析できるシステムである。これにより、多少知識が不足していても疲労予測、設計を簡単に行うことができる。

4. おわりに

本稿ではわれわれの各種振動に対する、設計への落とし込みのアプローチについて概略を解説した。振動解析および

図 4. われわれが開発中の疲労予測エキスパートシステム

設計への落とし込みアプローチは各メーカの設計思想により大きく異なるが、ベースは変わらないと感じている。今後もわれわれとしては解析精度，設計精度の向上を実施し，安全マージンを現実に近づける予定である。

(2016.5.11- 受理)

文 献

- 1) 藤田勝久：振動工学，森北出版，2005
- 2) S. M. Kumar：“ランダム振動の疲労解析，” ANSYS Advantage, Vol. II, 3, 2008
- 3) 鯉淵興二，小久保邦雄：“製品開発のための材料力学と強度設計ノウハウ，” 日刊工業新聞社，2002
- 4) 寺田博之：“わかりやすい構造破壊の防止技術，” 養賢堂，2006
- 5) 日本材料学会編：“疲労設計便覧，” 養賢堂，2008

著者紹介

山口富三郎（やまぐち とみさぶろう）
2007 年イリソ電子工業株式会社に入社
フローティングコネクタ・FPC 用コネクタの製品開発に従事
現在，営業本部 マーケティング室に所属

三田夏大（みた なつひろ）
2005 年イリソ電子工業株式会社に入社
コネクタの振動疲労，熱疲労の評価，解析技術に従事
現在，技術本部開発部に所属